

Aloys Wobben, Argestraße 19, 26607 Aurich

---

### Windenergieanlage mit Schattenwurfregelung

---

Bei der Planung und Aufstellung von Windenergieanlagen spielen die zu erwartenden optischen Beeinträchtigungen der Windenergieanlage auf die Umwelt eine zunehmend wichtige Rolle für die Genehmigung und Akzeptanz. Ist beispielsweise eine Windenergieanlage in der Nähe eines Wohnhauses plziert, so ist es bei ungünstigen Sonnenständen möglich, daß die Windenergieanlage bzw. ihr Rotor zwischen der Sonne und dem Wohnhaus angeordnet ist. Wenn der Sonnenschein nicht durch Wolken beeinflußt ist, wirft der sich drehende Rotor ständig einen (Schlag-) Schatten auf das Grundstück. Der durch die Windenergieanlage erzeugte Schattenwurf auf das benachbarte Anliegen wird von den Anwohnern oft als sehr störend wahrgenommen. Auch wenn die Windenergieanlage den genehmigungsrechtlichen Anforderungen genügt, ist jedoch nicht immer gewährleistet, daß der unerwünschte Schattenwurf unterbunden wird.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Windenergieanlage zu schaffen, mittels der die Schattenwurfproblematik überwunden wird.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Verfahren zum Betrieb einer Windenergieanlage nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß der Schattenwurf nur bei einem bestimmten Sonnenstand eintreten kann, wenn eine direkte Sonneneinstrahlung mit hoher Lichtintensität gegeben ist. Der Sonnenstand ist bekanntlich abhängig von der Jahres- und Tageszeit und kann mittels Messung oder Berechnungsprogrammen für jeden relevanten Immissionspunkt (das ist die Stelle [Bereich], an der der Schattenwurf auftreten kann) ermittelt werden. Grundlage für die Schattenabschaltung einer Windenergieanlage sind demgemäß die berechneten Zeiten, in denen es aufgrund des Sonnenstandes und der geografischen Anordnung der Anlage zu einem Schattenwurf bei einem Anlieger (am Immissionspunkt) kommen kann. Parallel zu den vorgegebenen Sonnenstandszeiten wird über einen Lichtsensor die Lichtintensität ermittelt und damit die Plausibilität eines auftretenden Schattenwurfs überprüft. Nur wenn während der vorgegebenen Sonnenstandszeiten, bei denen ein Schattenwurf am Immissionspunkt möglich ist, die Helligkeit ausreicht, einen Schattenwurf zu verursachen, erfolgt die Schattenabschaltung der Windenergieanlage.

Die Schattenabschaltung kann bei der erfindungsgemäßen Windenergieanlage über eine Eingabe/Anzeigeeinrichtung (LC-Display) bedient werden. Hierzu können die Einstellungen bzw. Werte der aktuellen und der Abschalt-Lichtintensität abgelesen werden. Des weiteren ist dem Display zu entnehmen, welchen Status die Abschaltung momentan besitzt, d.h. ob sie ein- oder ausgeschaltet bzw. aktiv oder inaktiv ist. In einem separaten Menü kann die Eingabe der Abschaltzeiten vorgegeben bzw. geladen werden.

Im Modus "Schattenabschaltung" werden die Parameter aktuelle Lichtintensität (Wert in %), Abschalt-Lichtintensität (Wert in %), Schatten-Abschaltung (ein/aus) bzw. Schatten-Abschaltung (aktiv/inaktiv) angezeigt. Abschalt-Lichtintensität ist hierbei ein Wert der Lichtintensität, bei dem die Windenergieanlage abzuschalten ist. Steht beispielsweise eine Windenergieanlage sehr nahe an einem betroffenen Immissionspunkt, so ist auch bei leicht bedecktem Himmel der auftretende Schattenwurf störend. Daher sollte in diesem Fall (die Windenergieanlage steht sehr nahe am betroffenen Immissionspunkt) die Anlage einen niedrigeren Wert für die Abschaltintensität erhalten als für den Fall, wenn der Immissionspunkt weiter weg von der Windenergieanlage steht. Bei den Lichtintensitäten bedeutet ein niedriger

Prozentwert eine geringe Lichtintensität (z.B. bei wolkenverhangenem Himmel) und ein hoher Prozentwert eine starke Lichtintensität z.B. direkte Sonneneinstrahlung), was darauf schließen läßt, daß die Sonneneinstrahlung nicht durch einen Wolkenverhang oder Nebel gestört ist. Schatten-Abschaltung (ein/aus) zeigt an, ob diese überhaupt aktiviert ist. Schatten-Abschaltung (aktiv/inaktiv) gibt an, ob die Anlage momentan wegen Schattenwurfs abgeschaltet ist.

Wird für die aktuelle Lichtintensität ein Wert oberhalb der Abschalt-Lichtintensität ermittelt und ergibt sich gleichzeitig eine Übereinstimmung im eingegebenen Zeitfenster, welches die Sonneneinstrahlung bzw. den Sonnenstand berücksichtigt, stoppt die Windenergieanlage automatisch, sofern die Schattenabschaltung auf "ein" geschaltet ist. Während die Anlage wegen Schattenwurfs gestoppt ist, erscheint im Hauptmenü der Anzeigeeinrichtung eine entsprechende Statusmeldung.

Der Wert der Abschalt-Lichtintensität kann über entsprechende Eingaben verändert werden. Da der Schatten der Rotorblätter mit zunehmender Entfernung zum Immissionspunkt schwächer wird und irgendwann ganz an Bedeutung verliert, wirkt sich der Schattenwurf mit zunehmender Entfernung auch nur bei höherer Lichtintensität ungünstig aus. Als sinnvoll eingestellten Wert für die Abschalt-Lichtintensität können durchschnittlich 60% angesetzt werden. Die Abschalt-Lichtintensität muß jedoch je nach lokalen Gegebenheiten eingestellt werden, weil die Abschalt-Lichtintensität auch von den geografischen Gegebenheiten vor Ort abhängt.

Die Lichtverhältnisse werden auch nach dem Stop der Anlage ständig weiter gemessen. Die Windenergieanlage startet automatisch wieder, wenn die Abschalt-Lichtintensität für eine Dauer von mehr als 2 Minuten, vorzugsweise 10 Minuten, unterschritten wird oder der Schatten soweit gewandert ist (aufgrund von Veränderung des Sonnenstandes bzw. aufgrund der Sonnenbahn), daß keine Beeinträchtigungen durch Schattenwurf am Immissionspunkt mehr vorliegen.

Die Zeiten für das Auftreten des Schattenwurfs werden zur Eingabe über ein Menü editiert. Dabei setzen sich die Werte aus einem Anfangs- und einem Enddatum sowie einer Start- und einer Stoppzeit zusammen. Eingegebene Werte können jederzeit geändert, erweitert oder gelöscht werden, was mittels manueller Eingabe oder durch das Einlesen eines entsprechenden Programms erfolgen kann.

Die Sonnenstandszeiten werden im Format der Winterzeit eingegeben. Ebenso werden bei der Programmierung Schaltjahre berücksichtigt.

Die Zeiten für die Schattenabschaltung sind aktuell oder im nachhinein stets über Fernüberwachung abrufbar, so daß ein Nachweis zur Einhaltung geführt werden kann.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Fig. 1 zeigt in der Seitenansicht den Schattenwurf bei zwei verschiedenen Sonnenständen; und

Fig. 2 zeigt in der Obenaufsicht den Schattenwurf bei ebenfalls zwei verschiedenen Sonnenständen.

In Fig. 1 ist eine Windenergieanlage, z.B. vom Typ E-40 der Firma Enercon gezeigt, welche in einer bestimmten Entfernung E zu einem Haus 2 steht. Dieses Haus 2 kann auch als Immissionspunkt A bezeichnet werden.

Wenn morgens die Sonne aufgeht bzw. in der Winterzeit auch tagsüber, steigt die Sonne nur - immer vom Immissionspunkt A aus gesehen - auf eine geringe Höhe an, so daß sich beim Sonnenstand I ein Einfallswinkel  $\beta I$  ergibt.

Steigt die Sonne höher - Sonnenstand II - ergibt sich ein anderer Einfallswinkel  $\beta II$  der Sonnenstrahlen. Diese Einfallswinkel  $\beta I$  und  $\beta II$  (es sind jedwede andere Einfallswinkel denkbar) der Sonnenstrahlen legen auch fest, wann es überhaupt zu einem direkten Schattenwurf am Immissionspunkt A kommen kann.

Die in Fig. 1 dargestellte Szene ist in Fig. 2 nochmals aus einer anderen Perspektive gezeigt. Wenn die Sonne (wiederum vom Immissionspunkt aus betrachtet) im Südosten steht, treffen die Sonnenstrahlen in einem Winkel  $\alpha I$  - bezogen auf die Westostachse - auf die Windenergieanlage.

Sobald die Sonne weiter Richtung Süden gewandert ist, fallen die Sonnenstrahlen in einem anderen Winkel  $\alpha II$  auf die Windenergieanlage 1.

Nur wenn der Sonnenstand, welcher eine Funktion des geografischen Ortes auf der Erde sowie der Einfallswinkel  $\alpha$  und  $\beta$  ist, dafür sorgt, daß der Schatten der Wind-

energieanlage auf den Immissionspunkt A trifft, wird die Windenergieanlage abgeschaltet, wenn die Lichtintensität am Immissionspunkt über einen vorbestimmten Wert, nämlich einer Abschalt-Intensität liegt. Die Abschalt-Intensität hängt nicht nur vom Lichteinfall ab, sondern auch von der Entfernung zum Immissionspunkt. Steht eine Windenergieanlage sehr nahe am betroffenen Immissionspunkt, so kann auch bei leicht bedecktem Himmel der auftretende Schattenwurf störend sein. In einem solchen Fall sollte daher die Windenergieanlage einen niedrigeren Wert für die Abschalt-Intensität erhalten, als für den Fall, wenn der Immissionspunkt weiter weg von der Windenergieanlage steht.

Liegt die Lichtintensität unterhalb der Abschalt-Intensität, wird die Windenergieanlage - unabhängig vom Sonnenstand - nicht abgeschaltet und kann weiterhin elektrische Energie erzeugen. Ein solcher Fall ist insbesondere bei starker Bewölkung gegeben.

Je weiter weg eine Windenergieanlage vom Immissionspunkt angeordnet ist, um so kürzer sind die Zeiten, innerhalb derer sich überhaupt ein Schattenwurf am Immissionspunkt einstellen kann.

Die Lichtintensität kann direkt am Immissionspunkt A oder an der Windenergieanlage gemessen werden. Da der Immissionspunkt und die Windenergieanlage relativ nahe zueinander stehen, sind die an der Windenergieanlage gemessenen Lichtintensitätswerte auch für den Immissionspunkt A gültig.

Die Lichtintensität selbst kann beispielsweise mit einem Lichtsensor gemessen werden, dessen Werte von einer Datenverarbeitungseinrichtung, die der Windenergieanlage zugeordnet ist, verarbeitet werden. In dieser Datenverarbeitungseinrichtung sind auch die Sonnenstände programmiert, bei denen ein Schattenwurf am Immissionspunkt auftreten kann. Es ist leicht ersichtlich, daß diese "Schattenwurf"-Sonnenstände für jede Windenergieanlage verschieden sind und daher die Datenverarbeitungseinrichtung für jede Windenergieanlage einen anderen Sonnenstand gespeichert hat, bei dem der Schattenwurf auftreten kann.

Selbstverständlich ist es auch möglich, daß bei einem Windpark, welcher in der Nähe eines Immissionspunktes angeordnet ist, wo Schattenwurf zu vermeiden ist, durch eine zentrale Datenverarbeitungseinrichtung gesteuert werden kann, die jeweils einzelne Windenergieanlagen eines Windparks dann ausschaltet, wenn durch diese ein Schattenwurf am Immissionspunkt gegeben ist.

Tritt ein Schattenwurf auf, so wird nicht sofort abgeschaltet, sondern erst dann, wenn der Schattenwurf über eine gewisse Zeit, beispielsweise 5 bis 10 Minuten gegeben ist.

Ist der Schattenwurf nicht mehr gegeben, beispielsweise weil zwischen die Sonne und die Windenergieanlage Wolken getreten sind, kann auch vorgesehen werden, die Windenergieanlage nicht sofort wieder anzuschalten, sondern eine gewisse Zeit, z.B. 5 bis 10 Minuten, zu warten, und erst dann für eine Anschaltung und für eine wieder anlaufende Windenergieanlage zu sorgen, wenn innerhalb dieser Zeit die Lichtintensität unterhalb der Abschalt-Intensität lag.

Es ist auch möglich, neben bereits programmierten Abschalt-Sonnenständen weitere Sonnenstände für die Windenergieanlage zu programmieren, wenn dies notwendig ist.

### **ANSPRÜCHE:**

1. Verfahren zum Betrieb einer Windenergieanlage, welche bei einem vorbestimmten Sonnenstand abschaltet, wenn die Lichtintensität über einem vorbestimmten Wert (Abschalt-Intensität) liegt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Windenergieanlage bei einem vorbestimmten Sonnenstand zumindest zeitweise abgeschaltet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die vorbestimmten Sonnenstände, bei denen eine Abschaltung der Anlage ausgelöst werden kann, in der Windenergieanlage oder einer ihr zugeordneten Steuer- und/oder Datenverarbeitungseinrichtung gespeichert sind.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtintensität mittels eines Lichtsensors ermittelt wird und aus der ermittelten Lichtintensität mittels eines Datenverarbeitungsprogramms eine Bewertung vorgenommen, ob überhaupt eine für Schattenwurf ausreichende Sonneneinstrahlung gegeben ist.
5. Windenergieanlage zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit einer die Windenergieanlage steuernden Datenverarbeitungseinrichtung, in der die Sonnenstände bzw. diesbezüglich repräsentative Werte gespeichert sind, bei denen eine Abschaltung der Anlage erfolgen kann.
6. Windenergieanlage nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Windenergieanlage mit einem Lichtsensor gekoppelt ist, mittels dem die jeweils aktuelle oder über eine gewisse Zeit ermittelte Lichtintensität gemessen wird und daß die von dem Lichtsensor ermittelten Daten von der Datenverarbeitungseinrichtung verarbeitet werden und eine Abschaltung der Windenergieanlage erfolgt, wenn bei Einnahme eines vorbestimmten Sonnenstandes die Lichtintensität über einem vorbestimmten Wert liegt, bei dem zu erwarten ist, daß die Windenergieanlage einen Schatten wirft.
7. Windenergieanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anlage über eine Anzeigeeinrichtung verfügt, mittels welcher der Status der Schattenabschaltung wiedergegeben werden kann.

8. Windenergieanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß über die gespeicherten Sonnenstände hinaus neue Sonnenstände für weitere Immissionspunkte eingespeichert werden können, was mittels einer entsprechenden Programmierung durchgeführt wird.

9. Windpark mit mehreren Windenergieanlagen nach einem der vorhergehenden Ansprüche.



### Z u s a m m e n f a s s u n g

Bei der Planung und Aufstellung von Windenergieanlagen spielen die zu erwartenden optischen Beeinträchtigungen der Windenergieanlage auf die Umwelt eine zunehmend wichtige Rolle für die Genehmigung und Akzeptanz. Ist beispielsweise eine Windenergieanlage in der Nähe eines Wohnhauses platziert, so ist es bei ungünstigen Sonnenständen möglich, daß die Windenergieanlage bzw. ihr Rotor zwischen der Sonne und dem Wohnhaus angeordnet ist. Wenn der Sonnenschein nicht durch Wolken beeinflusst ist, wirft der sich drehende Rotor ständig einen (Schlag-) Schatten auf das Grundstück. Der durch die Windenergieanlage erzeugte Schattenwurf auf das benachbarte Anliegen wird von den Anwohnern oft als sehr störend wahrgenommen. Auch wenn die Windenergieanlage den genehmigungsrechtlichen Anforderungen genügt, ist jedoch nicht immer gewährleistet, daß der unerwünschte Schattenwurf unterbunden wird.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Windenergieanlage zu schaffen, mittels der die Schattenwurfproblematik überwunden wird.

1. Verfahren zum Betrieb einer Windenergieanlage, welche bei einem vorbestimmten Sonnenstand abschaltet, wenn die Lichtintensität über einem vorbestimmten Wert (Abschalt-Intensität) liegt.

(Fig. 1)